

(11)Publication number : 2000-131508
(43)Date of publication of application : 12.05.2000

G02B 3/00
G02B 1/10
G02B 3/08
G02B 7/02
G11B 7/135

(71)Applicant : SONY CORP
(72)Inventor : WATANABE KENJIRO
OWA HIDEO

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-131508
(P2000-131508A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000.5.12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B	3/00	G 0 2 B 3/00	Z 2 H 0 4 4
	1/10	3/08	2 K 0 0 9
	3/08	7/02	B 5 D 1 1 9
	7/02	G 1 1 B 7/135	A
G 1 1 B	7/135	G 0 2 B 1/10	Z
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 10 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-304308

(22) 出願日 平成10年10月26日 (1998. 10. 26)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 渡辺 健次郎

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 応和 英男

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

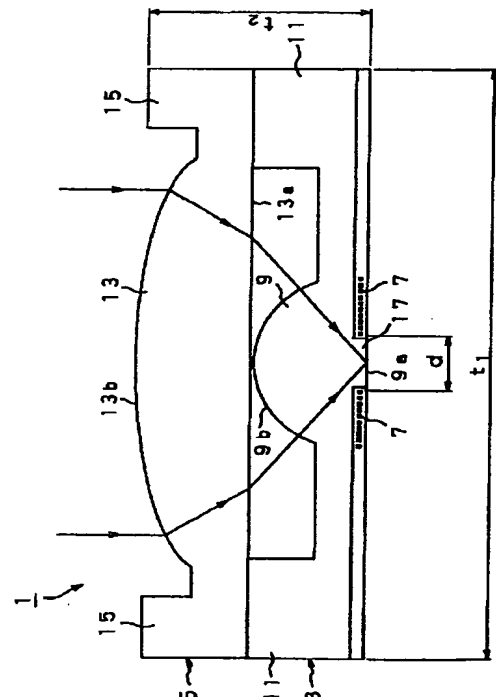
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高開口数を実現可能であり、しかも製造が容易な対物レンズ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を有する複数のレンズを、各レンズのレンズ支持部同士を接合することで、複数のレンズからなる対物レンズを構成する。このとき、複数のレンズのうちの少なくとも一つを、ウェハプロセスによりレンズ材料を所定の形状にエッチングすることで形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光記録媒体の記録及び／又は再生用の光学ヘッドに使用される対物レンズであって、
 レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を有する複数のレンズを備え、
 各レンズのレンズ支持部同士が接合されてなることを特徴とする対物レンズ。

【請求項2】 各レンズのレンズ支持部は、光軸方向の厚みがレンズ間距離に対応するように形成されており、各レンズのレンズ支持部同士を接合することにより、各
 レンズ間の距離が所定の大きさとされていることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項3】 上記レンズ支持部は、レンズ部分の外周に形成されてなるとともに、各レンズのレンズ支持部の外径が略同一であることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項4】 上記複数のレンズとして、少なくとも、光記録媒体に対向する第1のレンズと、第1のレンズの前段に配置された第2のレンズとを備え、
 第1のレンズのレンズ支持部の第2のレンズ側の面と、第2のレンズのレンズ支持部の第1のレンズ側の面とが、互いに略平行な平面とされており、それらの面同士が接合されていることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項5】 上記第2のレンズは、レンズ部分の第1のレンズ側の面と、レンズ支持部の第1のレンズ側の面とが、同一平面とされていることを特徴とする請求項4記載の対物レンズ。

【請求項6】 上記複数のレンズとして、少なくとも、光記録媒体に対向する第1のレンズと、第1のレンズの前段に配置された第2のレンズとを備えるとともに、
 上記第1のレンズの光記録媒体対向面側に配置された磁気コイルを備えることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項7】 上記第1のレンズは、光記録媒体対向面に凸部を有し、
 上記磁気コイルは、上記凸部の周囲を取り巻くように配されていることを特徴とする請求項6記載の対物レンズ。

【請求項8】 上記磁気コイルの内径は、光記録媒体の記録及び／又は再生時に上記複数のレンズにより集光される光のスポット径よりも大きく、且つ、 $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項6記載の対物レンズ。

【請求項9】 上記複数のレンズのうちの少なくとも一つには、光反射防止用のコーティングが施されていることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項10】 上記複数のレンズのうちの少なくとも一つは、フレネルレンズ、グレーティングレンズ又はホログラムレンズであることを特徴とする請求項1記載の対物レンズ。

【請求項11】 レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を有する複数のレンズを、各レンズのレンズ支持部同士を接合することで、複数のレンズからなる対物レンズを構成するとともに、

上記複数のレンズのうちの少なくとも一つを、ウェハプロセスによりレンズ材料を所定の形状にエッチングすることによって形成することを特徴とする対物レンズの製造方法。

【請求項12】 上記複数のレンズのうちの少なくとも二つを、上記ウェハプロセスにより、それらのレンズを重ねて形成するとともに、下層のレンズを形成する際に、位置合わせ用のマーカーをウェハ上に形成しておき、上層のレンズを形成する際に、上記マーカーを基準として下層のレンズに対する上層のレンズの位置合わせを行うことを特徴とする請求項11記載の対物レンズの製造方法。

【請求項13】 上記ウェハプロセスにおいて、リフロー処理により所定の形状とされたレジストを、レンズ材料をエッチングする際のマスクとして用いることを特徴とする請求項11記載の対物レンズの製造方法。

【請求項14】 上記複数のレンズのうちの物体側レンズに磁気コイルを取り付ける磁気コイル取付工程を有することを特徴とする請求項11記載の対物レンズの製造方法。

【請求項15】 上記磁気コイル取付工程では、薄膜状の磁気コイルを基板上に予め形成しておき、当該基板を物体側レンズに接合し、その後、当該基板の不要部分を除去することを特徴とする請求項14記載の対物レンズの製造方法。

【請求項16】 上記磁気コイル取付工程では、物体側レンズの物体側面上に薄膜状の磁気コイルを薄膜工程により形成することを特徴とする請求項14記載の対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクシステムや光磁気ディスクシステム等の光学ヘッド用として好適な対物レンズ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光ディスクや光磁気ディスク等のような光記録媒体の高記録密度化を進めるには、記録再生に使用する光のスポット径を小さくする必要があり、そのため、レーザ光の波長を短くするか、或いは、光学ヘッドに搭載される対物レンズの開口数を大きくすることが有効である。そこで、例えば、レーザ光の波長を短くするという観点からは、青色レーザ光源の開発が進んでいる。

【0003】一方、対物レンズの開口数を大きくするという観点からは、例えば、USP5,125,750において、対物レンズとして、いわゆるソリッドイマージョンレンズ

(SIL: Solid Immersion Lens) を使用する手法が提案されている。ソリッドイマージョンレンズは、複数のレンズから構成され、入射光束が物体側レンズの端面にて結像し、その大部分が当該レンズ端面で全反射するように構成される。このとき、レンズ端面と光記録媒体との間隔を十分に狭めておけば、エバネッセント光の一部が光記録媒体と結合してレンズ外に取り出され、1以上の開口数での記録再生が可能となる。なお、このようなソリッドイマージョンレンズの設計例としては、例えば、特願平8-315404号において、レンズ群の組立精度や軸外入射に関する許容度を広げたレンズ群の構成が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、対物レンズとしてソリッドイマージョンレンズを用いる手法は、高開口数を実現する上で有効な方法である。しかしながら、ソリッドイマージョンレンズは複数のレンズから構成されるため、それらのレンズを精度良く組み立てる必要があるという問題があった。

【0005】 すなわち、ソリッドイマージョンレンズは、当該ソリッドイマージョンレンズを構成する各レンズの間隔、平行度、光軸中心等を精度良く合わせることを要求され、そのため、組み立てが難しく、大量生産が困難であるという問題があった。

【0006】 しかも、光記録媒体の高記録密度化に伴い、光学ヘッドに搭載される対物レンズは小型化する傾向にある。そして、小型化が進むと、複数のレンズから構成されるソリッドイマージョンレンズの組み立ては、ますます難しいものとなってしまう。

【0007】 本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、高開口数を実現可能であり、しかも製造が容易な対物レンズ及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る対物レンズは、光記録媒体の記録及び/又は再生用の光学ヘッドに使用される対物レンズであって、レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を有する複数のレンズを備え、各レンズのレンズ支持部同士が接合されてなることを特徴とする。

【0009】 この対物レンズでは、レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を各レンズが有しているため、それらのレンズの組み立てを精度良く、且つ容易に行うことができる。

【0010】 一方、本発明に係る対物レンズの製造方法は、レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を有する複数のレンズを、各レンズのレンズ支持部同士を接合することで、複数のレンズからなる対物レンズを構成するとともに、上記複数のレンズのうちの少なくとも一つを、ウェハプロセスによりレンズ材料を所定の形状に

エッチングすることで形成することを特徴とする。

【0011】 この製造方法では、レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を各レンズに設けておき、それらのレンズのレンズ支持部同士を接合するようにしているので、それらのレンズの組み立てを精度良く、且つ容易に行うことができる。しかも、上記製造方法では、ウェハプロセスによりレンズ材料を所定の形状にエッチングすることでレンズを形成するようにしているので、レンズ部分と一体に形成されたレンズ支持部を有するレンズを、精度良く且つ低コストにて作製することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0013】 本発明を適用した対物レンズの一例を図1に示す。この対物レンズ1は、いわゆるソリッドイマージョンレンズであり、光磁気ディスクの記録及び/又は再生用の光学ヘッドに使用される。そして、この対物レンズ1は、光磁気ディスクに対向する第1のレンズ3と、第1のレンズ3の前段に配置された第2のレンズ5と、第1のレンズ3の光磁気ディスク対向面側に配置された磁気コイル7とを備えている。

【0014】 第1のレンズ3は、所定の屈折パワーを有するレンズ部分9を備えるとともに、レンズ部分9の外周部分に、レンズ部分9と一体に形成されたレンズ支持部11を備える。すなわち、第1のレンズ3は、レンズ支持部11となるリムが、レンズ部分9の周囲に形成されてなる。また、この第1のレンズ3は、光磁気ディスクに対向する側のレンズ面9aが平面状に形成され、他方のレンズ面9bが半球状に形成されてなる。

【0015】 なお、この第1のレンズ3は、屈折率が高いレンズ材料からなることが好ましい。具体的には、第1のレンズ3は、屈折率が1.5以上のレンズ材料によって構成することが好ましい。第1のレンズ3の材料として、屈折率が高いレンズ材料を用いることで、後述するように、対物レンズ1の全体としての開口数を大きくすることができる。

【0016】 一方、第2のレンズ5も、所定の屈折パワーを有するレンズ部分13を備えるとともに、レンズ部分13の外周部分に、レンズ部分13と一体に形成されたレンズ支持部15を備える。すなわち、第2のレンズ5は、レンズ支持部15となるリムが、レンズ部分13の周囲に形成されてなる。また、この第2のレンズ5は、第1のレンズ3に対向する側のレンズ面13aが、平面状に形成され、他方のレンズ面13bが、凸面屈折面とされている。

【0017】 この第2のレンズ5は、開口数が多い方が好ましい。第2のレンズ5の開口数を大きくすることで、後述するように、対物レンズ1の全体としての開口数を大きくすることができる。なお、第2のレンズ5の開口数は、対物レンズ1の全体としての開口数を大きくす

るという観点からは、出来るだけ大きい方が好ましいが、製造容易性等も考慮すると、実際には0.5~0.85程度とすることが望ましい。

【0018】そして、第1のレンズ3のレンズ支持部11と、第2のレンズ5のレンズ支持部15とは、互いに接合されており、これにより、第1のレンズ3と第2のレンズ5とが一体とされ、2群2枚のレンズからなる対物レンズ1が構成されている。

【0019】従来の対物レンズでは、レンズとは別体として作製されたレンズ支持部材を用い、当該レンズ支持部材によりレンズの位置決めを行うのが普通であるが、その場合には、レンズの位置合わせが非常に難しかった。これに対して、本発明を適用した対物レンズ1では、第1のレンズ3のレンズ部分9とレンズ支持部11とを予め一体に形成しておくとともに、第2のレンズ5のレンズ部分13とレンズ支持部15とを予め一体に形成しておき、第1のレンズ3のレンズ支持部11と第2のレンズ5のレンズ支持部15とを接合するようにしているため、それらのレンズ3、5の位置合わせを非常に容易に行うことができる。

【0020】また、上記対物レンズ1において、第1のレンズ3及び第2のレンズ5のレンズ支持部11、15は、光軸方向の厚みがレンズ間距離に対応するように形成されている。そして、各レンズ3、5のレンズ支持部同士を接合することにより、各レンズ間の距離が所定の大きさとなるようになされている。このような対物レンズ1では、各レンズ3、5のレンズ支持部11、15を突き合わせて接合するだけで、レンズ間距離を所定の大きさとすることができる。すなわち、第1のレンズ3及び第2のレンズ5のレンズ支持部11、15を、光軸方向の厚みがレンズ間距離に対応するよう形成しておくことで、レンズ3、5の位置合わせのうち、特にレンズ間距離について、高い精度でのアライメントを、非常に容易に行うことが可能となる。

【0021】また、上記対物レンズ1において、第1のレンズ3のレンズ支持部11の外径と、第2のレンズ5のレンズ支持部15の外径とは、ほぼ同一とされている。そして、第1のレンズ3のレンズ支持部11の外周と、第2のレンズ5のレンズ支持部15の外周とを一致させることにより、各レンズ3、5の光軸が一致するようになされている。このような対物レンズ1では、第1のレンズ3のレンズ支持部11の外周と、第2のレンズ5のレンズ支持部15の外周とを一致させて、第1のレンズ3のレンズ支持部11と、第2のレンズ5のレンズ支持部15とを接合するだけで、各レンズ3、5の光軸を一致させることができるので、第1のレンズ3と第2のレンズ5とを別々に作製して、後から接合するような場合に、それらの光軸合わせを非常に容易に行うことができる。すなわち、第1のレンズ3のレンズ支持部11の外径と、第2のレンズ5のレンズ支持部15の外径と

をほぼ同一としておくことで、レンズ3、5の位置合わせのうち、特に光軸合わせについて、高い精度でのアライメントを、非常に容易に行うことが可能となる。

【0022】なお、高密度光磁気ディスクへの対応を考慮すると、第1のレンズ3の光軸と第2のレンズ5の光軸とのずれ量は、10 μ m程度以下、より好ましくは5 μ m程度以下とすることが望まれる。そして、上記対物レンズ1では、上述のように、第1のレンズ3と第2のレンズ5の光軸合わせについて、高い精度でのアライメントを、非常に容易に行うことが可能であり、第1のレンズ3の光軸と第2のレンズ5の光軸とのずれ量を、5 μ m程度以下とすることは十分に可能である。

【0023】また、上記対物レンズ1において、第1のレンズ3のレンズ支持部11の第2のレンズ側の面と、第2のレンズ5のレンズ支持部15の第1のレンズ側の面とは、互いに平行な平面とされている。そして、各レンズ3、5のレンズ支持部同士を接合することにより、第1のレンズ3と第2のレンズ5とが、互いに平行となるようになされている。このような対物レンズ1では、各レンズ3、5のレンズ支持部11、15を突き合わせて接合するだけで、第1のレンズ3と第2のレンズ5とを互いに平行とすることができる。すなわち、第1のレンズ3のレンズ支持部11の第2のレンズ側の面と、第2のレンズ5のレンズ支持部15の第1のレンズ側の面とを、互いに平行な平面としておくことで、レンズ3、5の位置合わせのうち、特にレンズ平行度について、高い精度でのアライメントを、非常に容易に行うことが可能となる。

【0024】なお、高密度光磁気ディスクへの対応を考慮すると、第1のレンズ3と第2のレンズ5の平行度のずれ量は、0.1°程度以下とすることが望まれる。そして、上記対物レンズ1では、上述のように、第1のレンズ3と第2のレンズ5の平行度について、高い精度でのアライメントを、非常に容易に行うことが可能であり、第1のレンズ3と第2のレンズ5の平行度のずれ量を、0.1°程度以下とすることは十分に可能である。

【0025】また、上記対物レンズ1において、第2のレンズ5は、レンズ部分13の第1のレンズ側の面13aと、レンズ支持部15の第1のレンズ側の面とが、同一平面とされている。すなわち、第2のレンズ5は、第1のレンズ3に対向する側の面が、一様な平面とされている。このように、第2のレンズ5の第1のレンズ3に対向する側の面を一様な平面とすることで、第2のレンズ5を非常に容易に製造することが可能となる。

【0026】以上のような対物レンズ1を用いるときには、第1のレンズ3を光磁気ディスクに対向させて、第2のレンズ5の側からレーザ光を入射する。そして、当該レーザ光を第1のレンズ3及び第2のレンズ5で集光して、第1のレンズ3の端面9aに焦点を結ばせる。このとき、入射光束は第1のレンズ3の端面9aで全反射

するが、レンズ端面 9a と光磁気ディスクとの間隔を十分に狭めておけば、エバネッセント光の一部が光磁気ディスクに到達することとなる。

【0027】このとき、対物レンズ 1 の全体としての開口数は、第 2 のレンズ 5 の開口数と、第 1 のレンズ 3 の屈折率との積で表される。したがって、第 2 のレンズ 5 の開口数や、第 1 のレンズ 3 の屈折率を大きくすることで、対物レンズ 1 の全体としての開口数を大きくすることができる。例えば、第 2 のレンズ 5 の開口数を 0.7 とし、屈折率が 3.2 のレンズ材料で第 1 のレンズ 3 を作製した場合、対物レンズ 1 の全体としての開口数は、 $0.7 \times 3.2 = 2.24$ となり、エバネッセント光を用いない場合の上限である 1 を上回ることとなる。

【0028】なお、この対物レンズ 1 を構成する第 1 レンズ 3 や第 2 のレンズ 5 には、光反射防止用のコーティングを施しておいた方が好ましい。具体的には例えば、第 2 のレンズ 5 の屈折率が 1.51 の場合、図 2 に示すように、第 2 のレンズ 5 のレーザ光入射側のレンズ面 13b に、膜厚が 90 nm の ZrO_3 膜 21 と、膜厚が 150 nm の MgF_2 膜 22 とを積層形成し、同様に、第 2 のレンズ 5 のレーザ光出射側のレンズ面 13a に、膜厚が 90 nm の ZrO_3 膜 23 と、膜厚が 150 nm の MgF_2 膜 24 とを積層形成する。これにより、残留反射率を 0.1% 以下とすることができる。このように光反射防止用のコーティングを施しておくことにより、対物レンズ 1 の光透過率を高めて、光の利用効率を向上することができるとともに、レンズ面での光反射に起因する不要な迷光の発生を回避できる。

【0029】また、この対物レンズ 1 には、図 1 に示すように、第 1 のレンズ 3 の光磁気ディスク対向面側に磁気コイル 7 が配置されている。この磁気コイル 7 は、薄膜工程により作製されてなる薄膜コイルであり、光磁気ディスクに対して光磁気記録を行う際に磁界を発生させるためのものである。すなわち、この対物レンズ 1 を用いて光磁気ディスクに対して光磁気記録を行う際は、上述したようにレーザ光を入射するとともに、磁気コイル 7 に電流を流して光磁気ディスクに磁界を印加する。

【0030】ここで、第 1 のレンズ 3 には、光磁気ディスクに対向する側の面に円柱状の凸部 17 が形成されており、磁気コイル 7 は、この凸部 17 の周囲を取り巻くように配されている。なお、この凸部 17 の先端面は、第 1 のレンズ 3 の光磁気ディスクに対向する側のレンズ面 9a であり、第 2 のレンズ 5 の側から入射されたレーザ光は、この凸部 17 の先端面上に焦点を結ぶこととなる。すなわち、磁気コイル 7 は、第 2 のレンズ 5 の側から入射されたレーザ光の焦点位置を取り巻くように配されている。

【0031】この磁気コイル 7 は、その内径 d が、光磁気ディスクの記録及び／又は再生時に第 1 のレンズ 3 及び第 2 のレンズ 5 により集光される光のスポット径より

も大きいことが好ましい。磁気コイル 7 の内径 d を、第 1 のレンズ 3 及び第 2 のレンズ 5 により集光される光のスポット径よりも大きくしておくことで、入射レーザ光が磁気コイル 7 によってけられてしまうようなことを回避できる。このような理由から、磁気コイル 7 の内径 d は、具体的には $5 \mu m$ 程度以上とすることが好ましい。

【0032】また、磁気コイル 7 の内径 d は、 $100 \mu m$ 以下であることが好ましい。磁気コイル 7 の内径 d を $100 \mu m$ 以下とすることで、光磁気記録を行うのに十分な磁界を光磁気ディスクに印加することが可能となる。

【0033】ここで、磁気コイル 7 の内径 d と、磁気コイル 7 からの磁界の強度との関係を調べた結果を図 3 に示す。図 3 において、横軸は、磁気コイル 7 の内径 d を示しており、縦軸は、磁気コイル 7 によりレーザ光の焦点位置近傍に印加される磁界の強度を示している。ここで、磁気コイル 7 の内径以外のパラメータについては、光磁気記録用の薄膜コイルとして一般的な値とした。具体的には、磁気コイル 7 を構成する線材の断面形状を $1 \mu m \times 1 \mu m$ の正方形とし、磁気コイル 7 の巻き数を 10 回とし、巻回時のピッチを $2 \mu m$ とし、磁気コイル 7 に流す電流を $100 mA$ とした。

【0034】図 3 に示すように、磁気コイル 7 の内径 d が大きくなると、レーザ光の焦点位置近傍に印加される磁界の強度が減少する。一般に、光磁気記録を行うためには、レーザ光の焦点位置近傍において、少なくとも $100 [Oe]$ 程度の磁界を印加する必要がある。したがって、図 3 から分かるように、光磁気記録を行うためには、磁気コイル 7 の内径 d を $100 \mu m$ 程度以下にする必要がある。すなわち、上述したように、磁気コイル 7 の内径 d を $100 \mu m$ 以下とすることで、光磁気記録を行うのに十分な磁界を光磁気ディスクに印加することが可能となる。

【0035】なお、上記対物レンズ 1 は、ソリッドイメージングレンズであり、光磁気ディスクの記録及び／又は再生用の光学ヘッドに使用される。そして、光磁気ディスクの高記録密度化に伴い、光学ヘッドに搭載される対物レンズは小型化する傾向にある。したがって、上記対物レンズ 1 も、近年の高密度光磁気ディスクへの対応を考慮すると、小型化することが望まれる。そこで、上記対物レンズ 1 においては、外径 t_1 を $2 mm$ 以下、高さ t_2 を $1 mm$ 以下とすることが好ましく、具体的には例えば、外径 t_1 を $1.5 mm$ 程度、高さ t_2 を $0.5 mm$ 程度とする。

【0036】ところで、上記対物レンズ 1 を光磁気ディスクの記録及び／又は再生に使用する場合には、第 1 のレンズ 3 の光磁気ディスク対向面から漏れ出すエバネッセント光が光磁気ディスクに十分に到達するように、対物レンズ 1 と光磁気ディスクとの間隔を、光磁気ディスクの記録及び／又は再生に使用するレーザ光の波長に比

べて十分に小さくする必要がある。

【0037】光磁気ディスクの記録及び／又は再生時に、対物レンズ1を光磁気ディスクとの間隔を十分に狭めて保持するには、例えば、図4に示すように、スライダ30に対物レンズ1を搭載し、このスライダ30が回転駆動される光磁気ディスク上において微量だけ浮上するようにすればよい。なお、回転する記録媒体上においてスライダを微量浮上させる技術は、ハードディスク装置において多くの実績があり、図4は、そのようなハードディスク装置での技術を流用した例である。

【0038】つぎに、以上のような対物レンズ1の製造方法について、具体的な例を挙げて説明する。

【0039】上記対物レンズ1を作製する際は、まず、図5に示すように、第1のレンズ3のレンズ材料からなる基板41を用意し、当該基板41上に第1のレンズ3の形状に対応した所定のマスクパターン43を形成する。すなわち、第1のレンズ3のレンズ部分9及びレンズ支持部11に対応したマスクパターン43を形成する。

【0040】なお、図5並びに後掲する図6乃至図13では、1つの対物レンズ1に対応する部分だけを拡大して示しているが、実際には、多数の対物レンズ1を共通の基板上に同時に形成していき、最後にそれらを切り離すことで、多数の対物レンズ1を同時に作製する。すなわち、ここでは、対物レンズ1をウェハプロセスにより作製する。

【0041】なお、図5に示すように第1のレンズ3の形状に対応したマスクパターン43を形成する際は、例えば、所定の形状にパターンニングされたフォトリソトに対してリフロー処理を施す。すなわち、通常の露光・現像処理によりフォトリソトをパターンニングした後、当該フォトリソトを過熱溶解させ、その後、再固化させる。その結果、表面張力の働きにより、図5に示すような曲面を有するマスクパターン43が得られる。

【0042】なお、曲面を有するマスクパターン43を得る際は、リフロー処理を施すのではなく、いわゆるグレイスケールリソグラフィ技術を用いるようにしてもよい。この場合は、フォトリソト露光時の露光強度を、レンズ形状に対応するように変化させて露光深さを調整する。このようなグレイスケールリソグラフィ技術を用いても、図5に示すような曲面を有するマスクパターン43を形成することができる。

【0043】次に、図6に示すように、上記マスクパターン43をマスクとして基板41をエッチングし、基板41を第1のレンズ3に対応した形状とする。なお、このエッチングを行う際は、マスクパターン43のエッチングレートと、基板41のエッチングレートとをほぼ等しくしておく。これにより、曲面を有するマスクパターン43の形状が、そのまま基板41に転写されることになる。

【0044】次に、図7に示すように、基板43の一方の面（上記エッチングを施した面）に、第2のレンズ5のレンズ材料からなる基板45を貼り付けるとともに、他方の面に対してパターンニング処理を施して、図8に示すように、円柱状の凸部17を形成する。

【0045】次に、物体側レンズである第1のレンズ3に磁気コイル7を取り付ける磁気コイル取付工程を施す。磁気コイル取付工程を行うにあたっては、薄膜状の磁気コイル7を基板上に予め形成しておく。そして、図9に示すように、磁気コイル7が形成された基板47を、第1のレンズ3に対応した形状とされている基板41に対向させる。そして、図10に示すように、磁気コイル7が形成された基板47を、第1のレンズ3に対応した形状とされている基板41に貼り付ける。

【0046】ここで、磁気コイル7の内側の部分には、基板41に形成された凸部17に対応した凹部48を形成しておく。そして、基板41と基板47とを貼り合わせる際は、基板41の凸部17が、基板47上に形成された凹部48に入り込むように突き合わせる。また、磁気コイル7は、絶縁を確保するために絶縁体49に埋設するように形成しておく。このとき、磁気コイル7及び絶縁体49からなる層の膜厚と、基板41に形成された凸部17の高さとが、ほぼ等しくなるようにしておく。

【0047】次に、図11に示すように、磁気コイル7が形成されていた基板47の不要部分を研磨して取り除く。これにより、基板41の凸部17が外部に露呈する。なお、この凸部17の先端面は、第1のレンズ3の端面9aとなる面であり、換言すれば、磁気ディスクに対向するレンズ面となる。

【0048】次に、図12に示すように、第2のレンズ5のレンズ材料からなる基板45上に、第2のレンズ5の形状に対応した所定のマスクパターン51を形成する。すなわち、第2のレンズ5のレンズ部分13及びレンズ支持部15に対応したマスクパターン51を形成する。なお、このマスクパターン51を形成する際も、第1のレンズ3の形状に対応したマスクパターン43の形成と同様、リフロー処理やグレイスケールリソグラフィ技術などを適用することで、当該マスクパターン51が第2のレンズ5に対応した曲面を有するようにする。

【0049】次に、図13に示すように、上記マスクパターン51をマスクとして基板45をエッチングし、基板45を第2のレンズ5に対応した形状とする。なお、このエッチングを行う際は、マスクパターン51のエッチングレートと、基板45のエッチングレートとをほぼ等しくしておく。これにより、曲面を有するマスクパターン51の形状が、そのまま基板45に転写されることとなる。

【0050】以上のようなウェハプロセスにより、基板41が所定の形状にエッチングされてなる第1のレンズ3と、基板45が所定の形状にエッチングされてなる第

2のレンズ5と、磁気コイル7とを備えた対物レンズ1が、共通の基板上に同時に多数形成されることとなる。そして、最後にそれらを切り離すことで、図1に示したような対物レンズ1が多数完成する。このようにウェハプロセスを用いて対物レンズ1を作製することにより、容易に大量生産ができ、製造コストを大幅に低減することができる。

【0051】なお、上述した製造方法では、磁気コイル取付工程において、薄膜状の磁気コイル7を基板47に予め形成しておき、当該基板47を第1のレンズ3となる基板41に接合し、その後、磁気コイル7が形成されていた基板47を除去するようにした。しかし、磁気コイル7の取り付け方法は、これに限定されるものではなく、例えば、物体側レンズである第1のレンズ3の物体側面上に、薄膜状の磁気コイル7を、薄膜工程により直接形成するようにしてもよい。

【0052】この場合は、例えば、第1のレンズ3となる基板41に、予め薄膜工程により薄膜状の磁気コイル7を形成しておき、その後、当該基板41を第1のレンズ3に対応した所定の形状となるようにエッチングする。このようにしても、上記製造方法と同様に、物体側レンズである第1のレンズ3の物体側面に磁気コイル7が形成されてなる対物レンズ1を作製することができる。

【0053】ところで、上述した製造方法では、第1のレンズ3と第2のレンズ5とをウェハプロセスにより重ねて形成するようにしているが、このように、二つのレンズ3、5を重ねて形成するにあたっては、先ず、下層に位置する第1のレンズ3を形成する際に、位置合わせ用のマーカーを基板41上に形成しておき、その後、上層に位置する第2のレンズ5を形成する際に、基板41上に形成しておいたマーカーを基準として、第1のレンズ3に対する第2のレンズ5の位置合わせを行うようにすることが好ましい。

【0054】このように位置合わせを行う場合に用いられるマスクの具体例を図14乃至図17に示す。なお、図14乃至図17では、マスクに形成される各パターンのサイズについて、具体的な数値例を記載しているが、当然の事ながら、これらの数値は一例であって、適宜変更可能であることは言うまでもない。

【0055】図14は、第1のレンズ3となる基板41をパターンニングする際に使用されるマスク（以下、第1のマスク61と称する。）の一例を示す平面図である。また、図15は、図14の斜線部分Aを拡大して示した平面図であり、図15中の四角形の部分62が、個々の対物レンズ1の第1のレンズ3のレンズ支持部11に対応し、図15中の円形の部分63が、個々の対物レンズ1の第1のレンズ3のレンズ部分9に対応する。

【0056】一方、図16は、第2のレンズ5となる基板45をパターンニングする際に使用されるマスク（以

下、第2のマスク71と称する。）の一例を示す平面図である。また、図17は、図16の斜線部分Bを拡大して示した平面図であり、図17中の四角形の部分72が、個々の対物レンズ1の第2のレンズ5のレンズ支持部15に対応し、図17中の円形の部分73が、個々の対物レンズ1の第2のレンズ5のレンズ部分13に対応する。

【0057】そして、図14に示すように、第1のマスク61には、その四隅に十字状の開開口部64がそれぞれ形成されている。したがって、この第1のマスク61を用いて基板41のパターニングを行うことで、基板41には、その四隅に十字状の位置合わせ用のマーカーがそれぞれ形成されることとなる。

【0058】また、図16に示すように、第2のマスク71にも、その四隅に十字状の開開口部74がそれぞれ形成されている。そして、この第2のマスク71を用いて基板45のパターニングを行うときには、上述のように基板41に形成された位置合わせ用の各マーカーの位置と、第2のマスク71に形成された各開口部74の位置とをそれぞれ一致させることで、第2のマスク71の位置合わせを行う。そして、このように第2のマスク71の位置合わせを行った上で、この第2のマスク71を用いて、基板45のパターニングを行う。

【0059】このように、第1のレンズ3となる基板41に形成された位置合わせ用の各マーカーの位置と、第2のマスク71に形成された各開口部74の位置とをそれぞれ一致させて、第2のマスク71の位置合わせを行うことで、第2のマスク71の位置合わせを精度良く行うことができる。ここで、第2のマスク71は第2のレンズ5を形成するためのマスクであるので、第2のマスク71の位置合わせを行うということは、第1のレンズ3に対する第2のレンズ5の位置合わせを行うということを意味する。したがって、このように第2のマスク71の位置合わせを精度良く行うことで、結果として、第1のレンズ3に対する第2のレンズ5の位置合わせが、精度良く行われることとなる。

【0060】以上、本発明の実施の形態について、具体的な例を挙げて詳細に説明してきたが、本発明は以上の例に限定されるものではない。

【0061】例えば、上記対物レンズ1では、2群2枚のレンズ3、5でソリッドイマージョンレンズを構成していたが、本発明に係る対物レンズは、3枚以上のレンズからなるものであっても良い。

【0062】また、上記対物レンズ1では、当該対物レンズ1を構成するレンズ3、5として、各レンズ面が曲面や平面だけからなる通常の凸レンズを用いたが、フレネルレンズ、グレーティングレンズ又はホログラムレンズなどを用いることも可能である。これらのレンズを用いた場合には、レンズを薄型化することが可能であるという利点がある。

【0063】また、上記対物レンズ1は、光磁気ディスク用であったが、本発明において対象となる光記録媒体は、光磁気ディスクに限定されるものではなく、例えば、記録層の相変化により情報を記録する相変化型光ディスクや、予めエンボスピットにより情報が書き込まれた再生専用光ディスクなどであってもよい。ただし、相変化型光ディスクや再生専用光ディスクのように、記録再生に磁界を必要としない光記録媒体が対象の場合には、対物レンズに磁気コイルを搭載する必要はない。

【0064】さらに、以上の説明では、対物レンズ1を光学ヘッドに使用するものとして説明したが、本発明に係る対物レンズは、エバネッセント光を利用することで解像度を高めた顕微鏡用の対物レンズとしても好適である。

【0065】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、高開口数を実現可能であり、しかも製造が容易な対物レンズ及びその製造方法を提供することができる。したがって、本発明によれば、光記録媒体の更なる高記録密度化を進めることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した対物レンズの一例を示す図である。

【図2】本発明を適用した対物レンズを構成する第2のレンズに光反射防止用のコーティングを施した例について、コーティングの部分を拡大して示す図である。

【図3】本発明を適用した対物レンズに搭載された磁気コイルの内径と、当該磁気コイルからの磁界の強度との関係を調べた結果を示す図である。

【図4】スライダに対物レンズを搭載する様子を示す斜視図である。

【図5】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、第1のレンズとなる基板上に、第1のレンズに対応したマスクパターンを形成した状態を示す図である。

【図6】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、第1のレンズとなる基板を、第1のレンズに対応した形状にエッチングした状態を示す図である。

【図7】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、第1のレンズとなる基板上に、第2のレンズとなる基板を貼り付けた状態を示す図である。

【図8】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、第1のレンズとなる基板に凸部を形成した状態を示す図である。

【図9】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、磁気コイルが形成された基板を、第1のレンズとなる基板に貼り付ける様子を示す図である。

【図10】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、磁気コイルが形成された基板を、第1のレンズとなる基板に貼り付けた状態を示す図である。

【図11】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、磁気コイルが形成されていた基板の不要部分を除去した状態を示す図である。

【図12】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、第2のレンズとなる基板上に、第2のレンズに対応したマスクパターンを形成した状態を示す図である。

【図13】本発明を適用した対物レンズの製造工程を説明するための図であり、第2のレンズとなる基板を、第2のレンズに対応した形状にエッチングした状態を示す図である。

【図14】第1のレンズとなる基板をパターニングする際に使用されるマスクの一例を示す平面図である。

【図15】図14の斜線部分Aを拡大して示す平面図である。

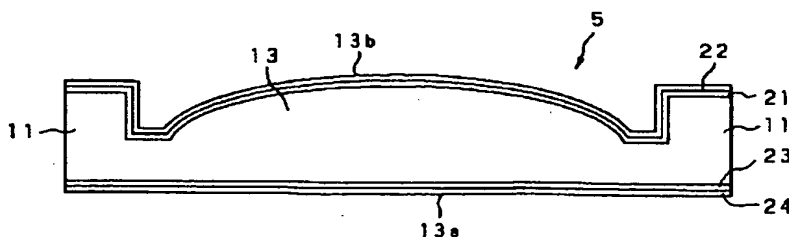
【図16】第2のレンズとなる基板をパターニングする際に使用されるマスクの一例を示す平面図である。

【図17】図16の斜線部分Bを拡大して示す平面図である。

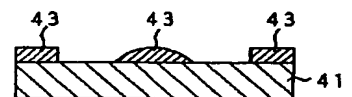
【符号の説明】

1 対物レンズ、 3 第1のレンズ、 5 第2のレンズ、 9 第1のレンズのレンズ部分、 11 第1のレンズのレンズ支持部、 13 第2のレンズのレンズ部分、 15 第2のレンズのレンズ支持部

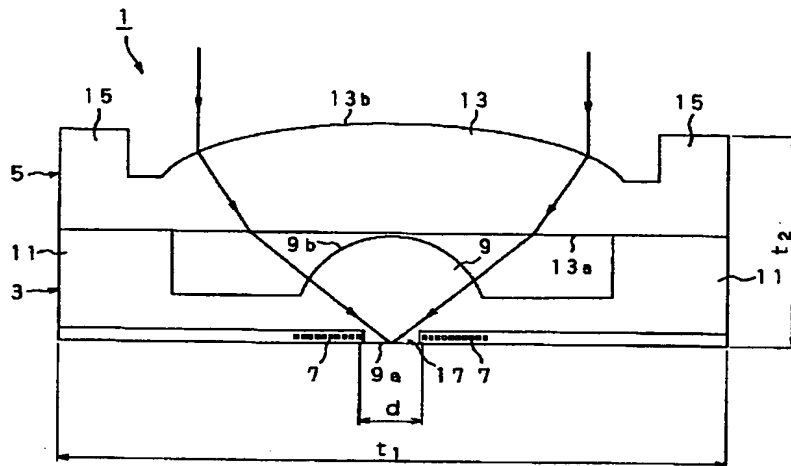
【図2】



【図5】



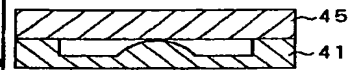
【図1】



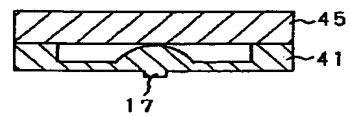
【図6】



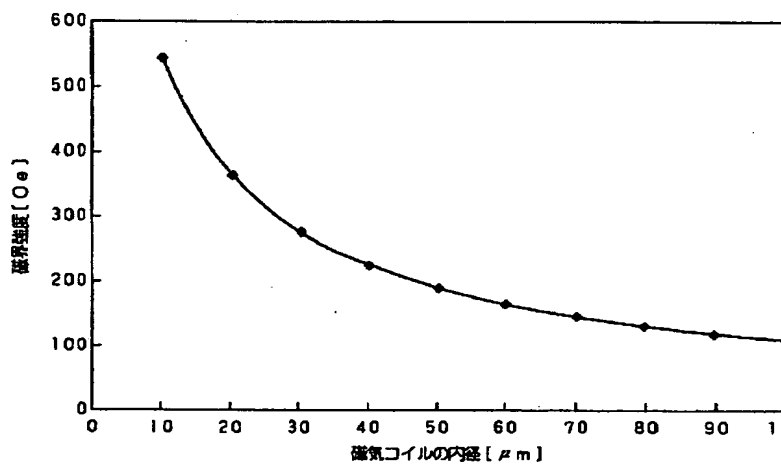
【図7】



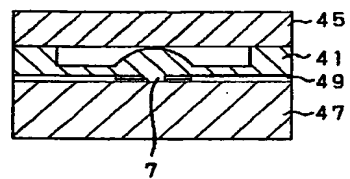
【図8】



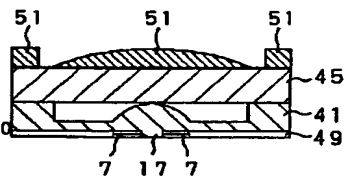
【図3】



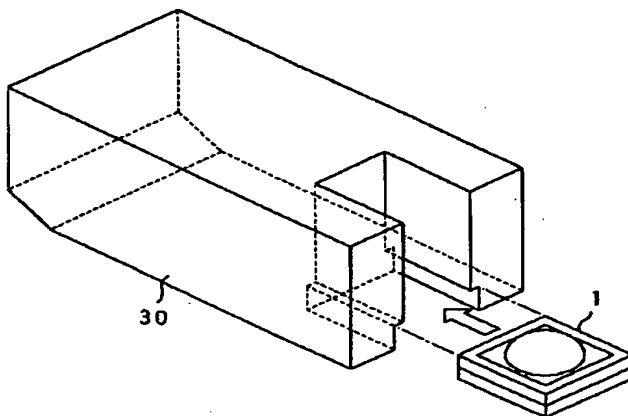
【図10】



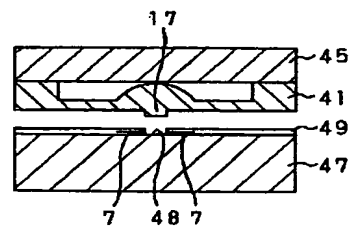
【図12】



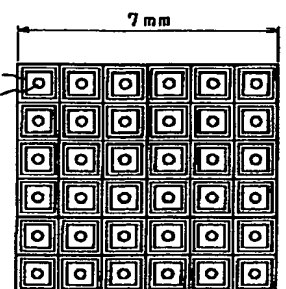
【図4】



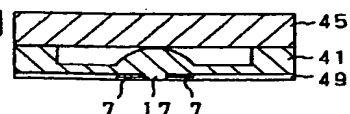
【図9】



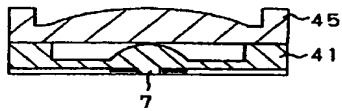
【図15】



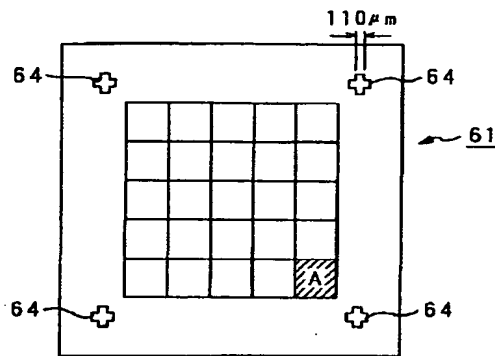
【図11】



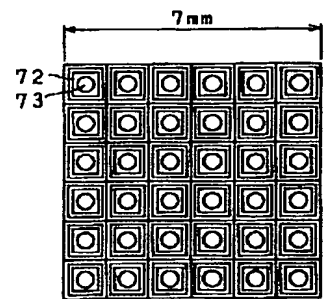
【図13】



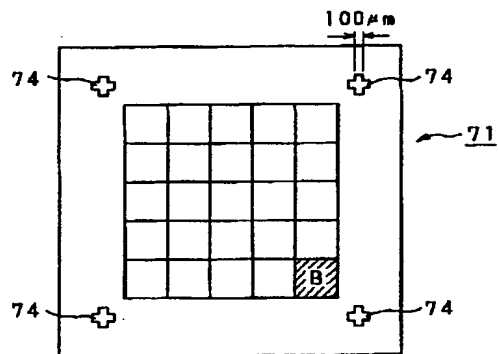
【図14】



【図17】



【図16】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H044 AA02 AA18 AB10 AB15 AB22
 AB25
 2K009 CC03 DD12 EE03
 5D119 AA22 AA38 BA01 BB01 BB05
 JA43 JA46 JA47 JA50 JA65
 JC05 LB12 NA05